



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **AVALIAÇÃO DO MODELO ETA EM SITUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

**Fernanda Araújo Cerqueira (UFRJ, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: nandinha@acd.ufrj.br**

**Dra. Chou Sin Chan (DMD/CPTEC/INPE, Orientadora)  
E-mail: chou@cptec.inpe.br**

### **COLABORADORES**

**Dra. Claudine Pereira Dereczynski (IGEO/UFRJ)  
Dra. Margarete O Domingues (LAC/CTE/INPE)**

**Maio de 2004**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 – DADOS E METODOLOGIA .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>2</b>
3.1 Condições atmosféricas observadas .....	2
3.2 Previsões do modelo regional Eta .....	5
<b>CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>9</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As previsões numéricas de tempo produzidas atualmente ainda não permitem determinar com maior precisão e confiabilidade a localização de um evento chuvoso intenso.

Indicadores do potencial de ocorrência de um evento crítico são importantes para que um alerta seja emitido com suficiente antecedência à defesa civil e população em geral, para tomadas de providências que reduzam os possíveis prejuízos. Para se ter uma idéia da gravidade dos eventos chuvosos nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil apenas no período de 10 de janeiro a 8 de março de 2004, as chuvas causaram deslizamentos de terra com 230.000 desabrigados e 161 mortes, totalizando prejuízos materiais de 117 milhões de dólares (<http://www.dartmouth.edu/~floods/Archives/2004sum.html>).

O presente trabalho tem como objetivo identificar condições atmosféricas típicas que auxiliem na interpretação das previsões do modelo Eta, utilizando e combinando índices que indiquem com maior confiabilidade o risco de ocorrência de um evento mais intenso em um determinado local.

Espera-se como resultado obter ferramentas que auxiliem os previsores a identificar os eventos intensos de chuva com maior antecedência. Este projeto se enquadra dentro dos objetivos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de gerar melhores previsões de tempo sobre a América do Sul, e aprimorar a detecção de eventos extremos de chuva.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Inicialmente foram selecionados para o presente estudo 5 casos de eventos extremos de chuva nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Optou-se por eventos mais recentes devido a maior disponibilidade de informações. Uma breve descrição é apresentada abaixo:

### **1º Caso** – Lorena, SP

Ocorrência granizo e chuva intensa em Lorena e na cidade de São Paulo por volta das 15:00 horas, em horário local, no dia 22/10/2003.

### **2º Caso** – Guarapuava, PR

Chuva intensa acompanhada de granizo e ventos fortes que destelharam casas e causaram diversos prejuízos a cidade. Evento ocorrido na noite do dia 08/12/2003 por volta das 21:00 em horário local.

### **3º Caso** – Belo Horizonte, MG

Chuva intensa das 14:00 horas do dia 12/01/2004 até as 04:00 do dia seguinte representando cerca de 10% da chuva acumulada do mês de janeiro que já superava em 12% a média histórica para a região.

### **4º Caso** – Salvador, BA

Sete dias de chuvas, a partir do dia 14/01/2004, que causaram o transbordamento de rios e alagamentos de ruas.

### 5º Caso – Pindamonhangaba, SP

Chuva intensa às 03:00 horas, no dia 06/02/2004 com grande incidência de relâmpagos. Este episódio iniciou uma seqüência de dias chuvosos e temperaturas amenas, após uma semana de estiagem e calor intenso.

As imagens de satélite e os dados observados destes eventos estão sendo coletados para análise em maior detalhe da evolução dos sistemas.

A tabela abaixo resume a localização, a intensidade da chuva e horário de ocorrência.

Caso	Município	Estado	Dia	Precipitação Acumulada (mm)	Horário TMG	Horário Local
1	Lorena	SP	22/10/03	35 - 40	18:30	15:30
2	Guarapuava	PR	08/12/03	30 - 35	18:00	15:00
3	Belo Horizonte	MG	12/01/04	30 - 35	17:00	14:00
4	Salvador	BA	14/01/04	> 50	18:00	15:00
5	Pindamonhangaba	SP	06/02/04	20 - 25	06:00	03:00

Para obter melhor compreensão e detalhamento, este relatório se concentra no estudo do 3º caso. Para realizar o estudo de caso foram utilizados os dados de observação de precipitação acumulados diariamente das estações de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia e estações automáticas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Plataformas de Coleta de Dados – PCD). Este conjunto de dados denominado análise do CPTEC foi interpolado em uma grade de resolução 0.5° x 0.5° latitude-longitude.

Para analisar os campos atmosféricos foram utilizados os dados de reanálise do NCEP (Kalnay et al., 1996) na resolução espacial de 2,5° X 2,5° latitude-longitude e temporal de 6 em 6 horas. Foram utilizados dados de baixos (850 hPa), médios (500 hPa) e altos (200 hPa) níveis. Estes dados de reanálise resultam de uma combinação de dados de observação e modelo e representam o estado da atmosfera mais próximo da observação.

Imagens dos satélites METEOSAT e GOES no canal infravermelho, com frequência horária, foram utilizadas para localizar a posição da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e dos sistemas frontais em deslocamento pela região.

Foram utilizadas as previsões do modelo Eta de 40 x 40 km de uma rodada iniciada no dia 10 de janeiro de 2004, às 1200Z. Este modelo é rodado operacionalmente no CPTEC (Chou, 1996) para previsões de curto prazo.

As previsões do modelo Eta foram comparadas com as observações e campos de reanálise do NCEP.

### 3. RESULTADOS

Este estudo de caso refere-se ao episódio de chuvas intensas ocorrido em grande parte do Estado de Minas Gerais (MG) no período de 11 a 13 de janeiro de 2004. Durante este período, verificou-se uma intensificação na atividade convectiva

da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), previamente estabelecida na região, devido à chegada de um novo sistema frontal.

Neste item são apresentadas as condições atmosféricas observadas durante o evento e as previsões do modelo regional Eta para o período em estudo.

### 3.1 Condições atmosféricas observadas

A Figura 1a apresenta o total pluviométrico acumulado sobre o Brasil no período de 11 a 13 de janeiro de 2004. A maior parte da precipitação ocorrida durante este período encontra-se alinhada desde o sul da Região Norte do Brasil até o norte da Região Sudeste. Entre os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo e também sobre o norte da Bahia, os totais pluviométricos ultrapassaram 100 mm em apenas três dias. A atividade convectiva associada à ZCAS e ao novo sistema frontal podem ser observados a partir da imagem do satélite METEOSAT do dia 11/01/2004 às 02:00 Z.

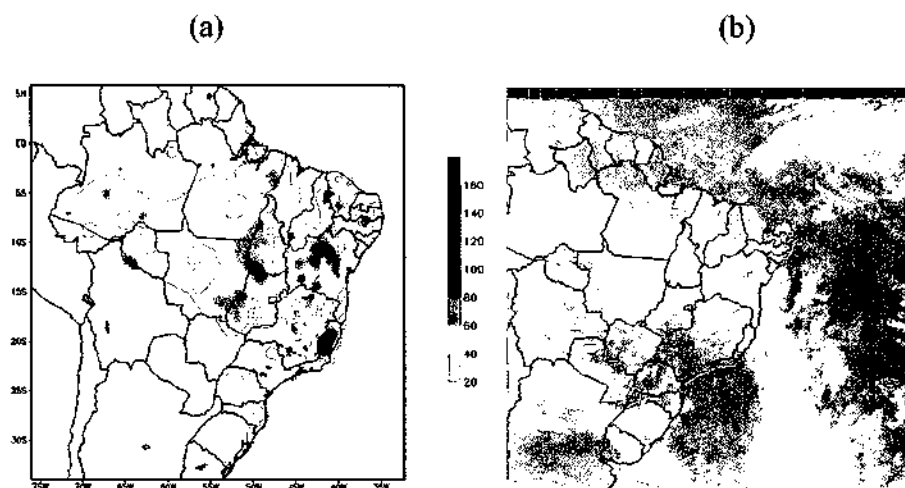


Fig. 1 – (a) Precipitação (mm) acumulada sobre o Brasil no período 11 a 13 de janeiro de 2004 (Fonte: Análise do CPTEC) e (b) Imagem do satélite METEOSAT, canal IR, dia 11/01/2004, 02:00 Z.

Na Fig. 2 estão os campos médios da temperatura potencial equivalente, em 850 hPa e a umidade relativa (UR) média entre os níveis de 850 e 700 hPa. Observa-se claramente, a partir desta figura, a presença da ZCAS, com máximos de umidade relativa estendendo-se desde a Região Amazônica até o Oceano Atlântico, passando pelo norte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste e pelo sul da Região Nordeste do Brasil. Ao sul da ZCAS, os menores valores de temperatura potencial equivalente indicam ar mais frio e mais seco do que ao norte desta área.

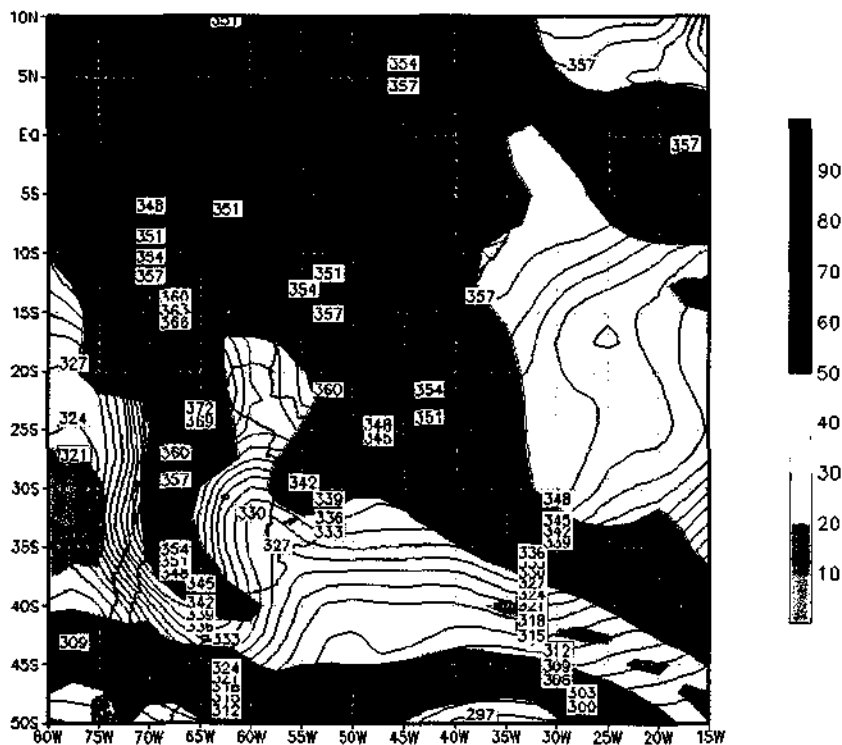


Fig. 2 – Campos médios (período de 11 a 13 de janeiro de 2004, 12Z) da temperatura potencial equivalente (a cada 3 K), em 850 hPa e a umidade relativa (%) média entre os níveis de 850 e 700 hPa.

Na Fig. 3 é apresentada a série temporal do perfil de temperatura potencial equivalente médio na área 17,5°S a 20,0°S/42,5°W a 45°W para o período de 10 a 17/01/2004. Nota-se condições de instabilidade convectiva durante todo o período, com temperatura potencial equivalente decrescendo até aproximadamente 600 hPa. Dentro do período estudado, o máximo de instabilidade convectiva ocorre entre 12 Z de 12/01 e 12 Z de 13/01/2004. O ciclo diurno está bem definido nos baixos níveis, com os máximos valores ocorrendo em torno das 18 Z, e os mínimos em torno das 06 Z, que correspondem aproximadamente aos horários de máximos e mínimos de temperatura do ar do dia.

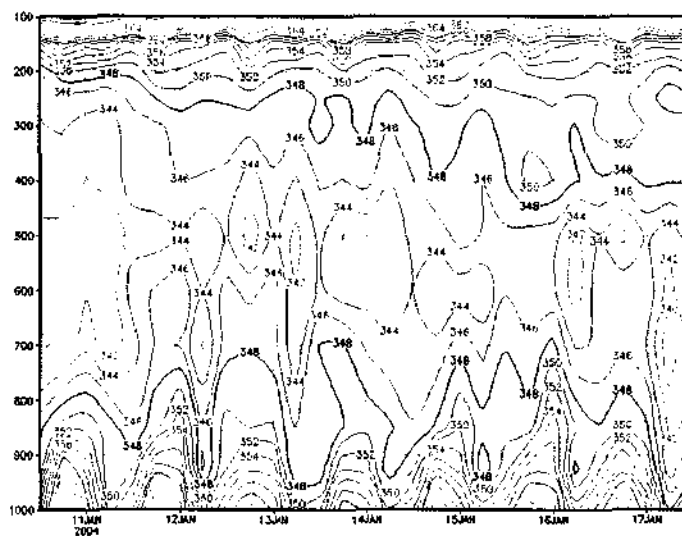


Fig. 3 –. Série temporal do perfil de temperatura potencial equivalente (K) médio na

área 17,5°S a 20,0°S/42,5°W a 45°W para o período de 10 a 17/01/2004.

As condições atmosféricas observadas nos níveis médios (500 hPa) são mostradas na Fig.4 , onde se nota a presença do cavado da ZCAS e a leste deste sistema o máximo do movimento ascendente (omega negativo), inferior a  $-0,45 \text{ Pa.s}^{-1}$ .

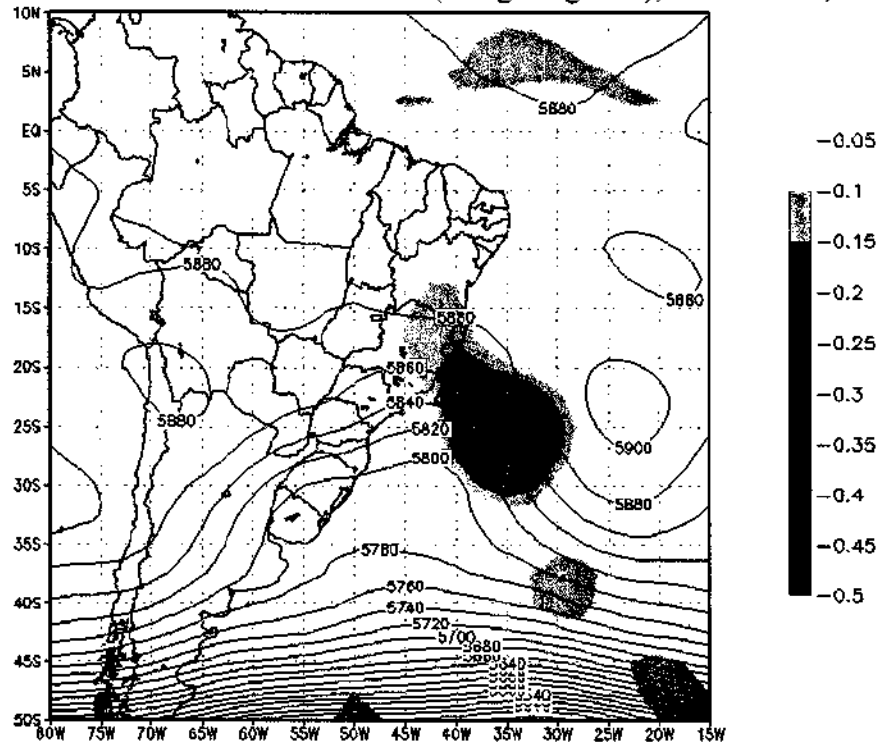


Fig. 4 – Campos médios (período de 11 a 13/01/2004, 12Z) em 500 hPa de altura geopotencial (a cada 20 m.gp) e omega (movimento vertical) em  $\text{Pa.s}^{-1}$  (sombreado).

Para os níveis altos, o campo médio de linha de corrente ( $\text{m.s}^{-1}$ ) em 200 hPa é apresentado na Fig. 5. Ressalta-se na figura a presença do cavado do Nordeste, cujo eixo estende-se sobre o Atlântico Subtropical, do cavado da ZCAS e da Alta da Bolívia, com seu centro sobre o oeste da Bolívia. Nota-se uma grande difluência do escoamento sobre o Estado de Minas Gerais neste nível. Esta difluência pode induzir ou manter a convergência de ar em baixos níveis.

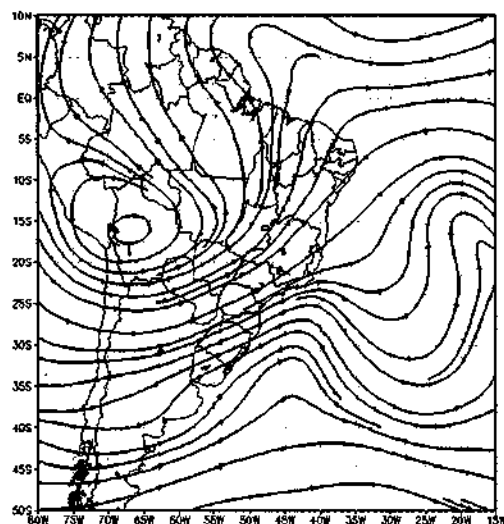


Fig. 5 – Campo médio (período de 11 a 13/01/2004, 12Z) de linha de corrente ao nível de 200 hPa.

### 3.2 Previsões do modelo regional Eta

A distribuição espacial da precipitação prevista pelo modelo Eta (Fig. 6) se compara razoavelmente com a precipitação observada, estando a ZCAS posicionada desde a Região Norte do Brasil até o Oceano Atlântico, com máximo de atividade convectiva sobre o continente entre os Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia. Os índices de acerto da previsão de precipitação do modelo Eta foram obtidos em diferentes regiões do continente e em diferentes estações. Os índices de desempenhos indicam que as melhores previsões do modelo ocorrem na região Centro-Sul do continente (Chou e Justi da Silva, 1998).

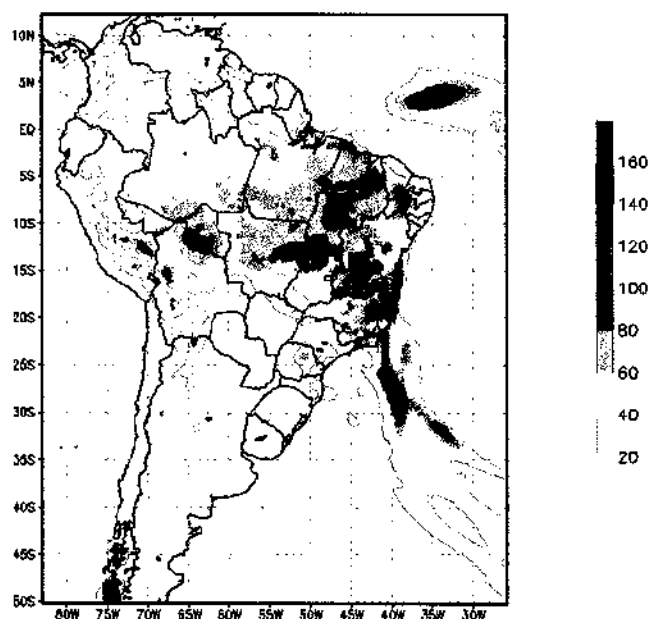


Fig. 6 – Previsão de precipitação (mm) acumulada sobre o Brasil no período 11 a 13 de janeiro de 2004.

A precipitação prevista pelo modelo regional Eta, obtida a partir da integração iniciada em 10/01/2004 às 12Z, é comparada à precipitação registrada na PCD de Belo Horizonte (Fig.7). As flutuações características dos dados observacionais não são fielmente reproduzidas pelo modelo, uma vez que os totais previstos referem-se à uma média na área. Contudo, o modelo apresentou um bom desempenho em indicar o período chuvoso estudado.



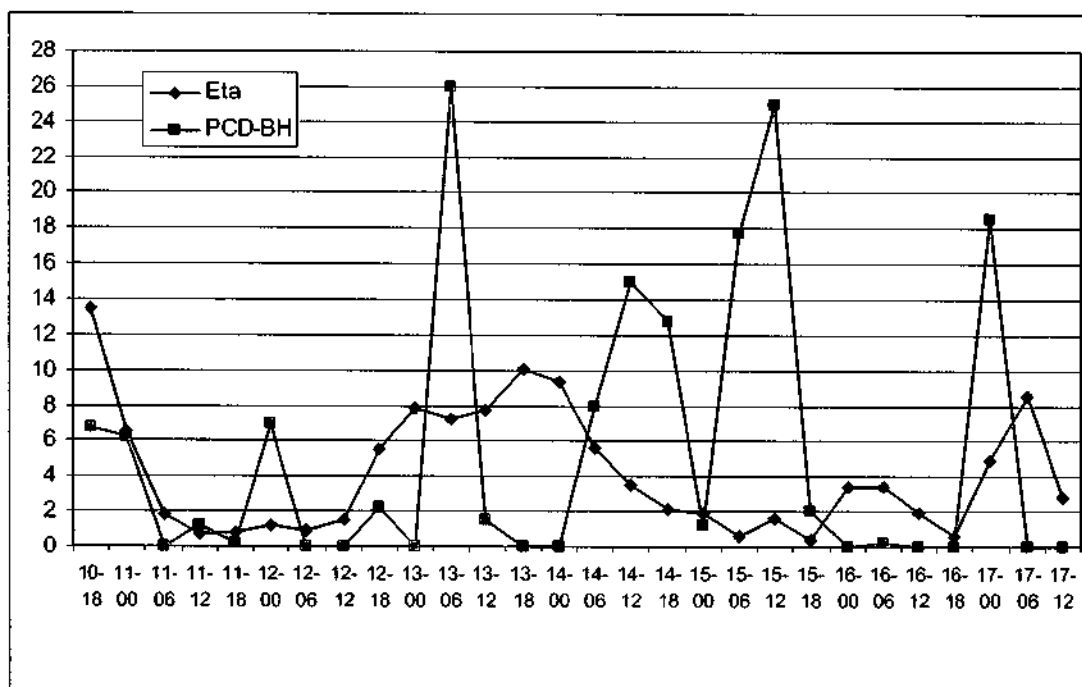


Fig. 7 – Totais pluviométricos acumulados a cada 6 horas: registrado na PCD de Belo Horizonte (PCD-BH) e previsto pelo modelo Eta a partir da integração iniciada no dia 10/01/2004 às 12Z.

A Fig. 8 apresenta os campos médios da temperatura potencial equivalente em 850 hPa e a umidade relativa (UR) média entre os níveis de 850 e 700 hPa previstos pelo modelo regional Eta. Assim como apresentado nas observações (Fig. 2), o modelo representa bem a ZCAS, com máximos de umidade relativa estendendo-se desde a Região Amazônica até o Oceano Atlântico. Contudo, na região da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o modelo superestima a umidade relativa do ar, prevendo valores máximos sobre o Oceano Atlântico ao longo do paralelo 5°N.

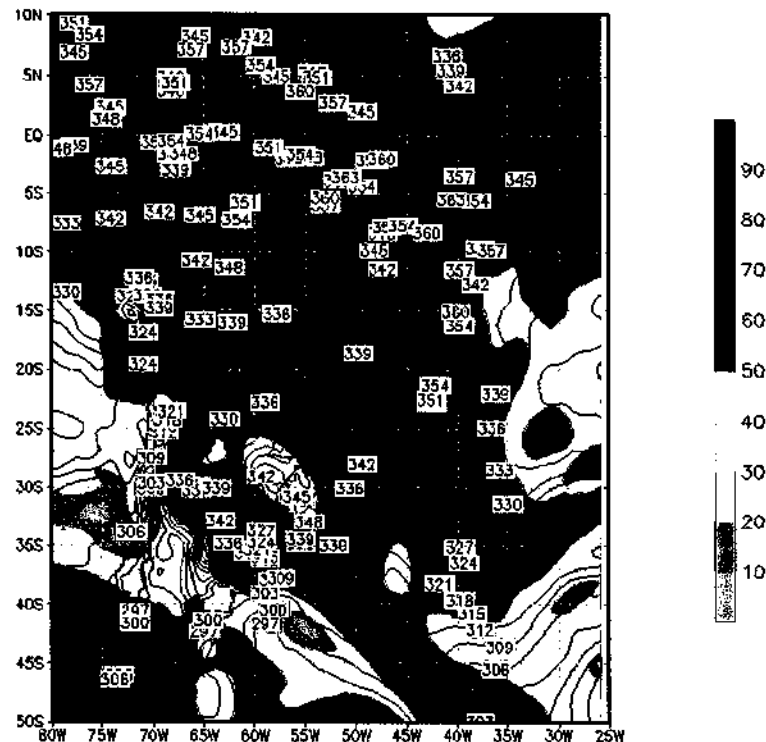


Fig. 8 – Campos médios (período de 11 a 13 de janeiro de 2004, 12Z) previstos da temperatura potencial equivalente (a cada 3 K), em 850 hPa e a umidade relativa (%) média entre os níveis de 850 e 700 hPa.

A Fig. 9 apresenta a série temporal do perfil de temperatura potencial equivalente médio na área 17,5°S a 20,0°S/42,5°W a 45°W previsto pelo modelo Eta para o período de 10 a 17/01/2004. Comparando-se os perfis previsto pelo modelo e da reanálise verifica-se valores maiores de temperatura potencial equivalente na reanálise do que na previsão do modelo, o que pode-se justificar pela diferença entre os valores de umidade relativa nos baixos e médios níveis entre previsão e reanálise. Assim como na reanálise, há instabilidade convectiva durante todo o período, com temperatura potencial equivalente decrescendo até aproximadamente o nível de 600 hPa e o ciclo diurno também apresenta-se bem definido nos baixos níveis.

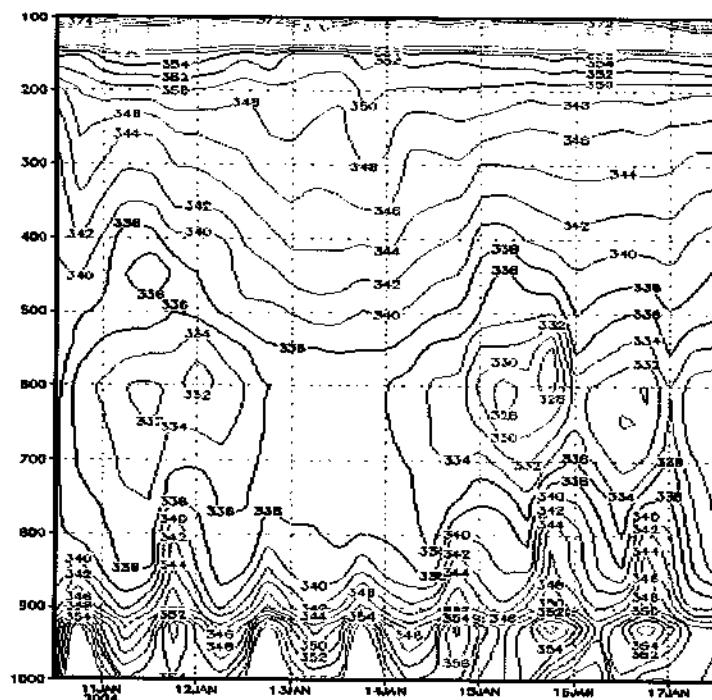


Fig. 9– Série temporal do perfil de temperatura potencial equivalente (K) médio na área 17,5°S a 20,0°S/42,5°W a 45°W previsto para o período de 10 a 17/01/2004.

A previsão dos campos de geopotencial e movimento ascendente previstos pelo modelo Eta (Fig. 10) indicam ter um detalhamento maior, além de máximos mais concentrados e mais intensos, devido à maior resolução espacial do modelo em relação à reanálise do NCEP.

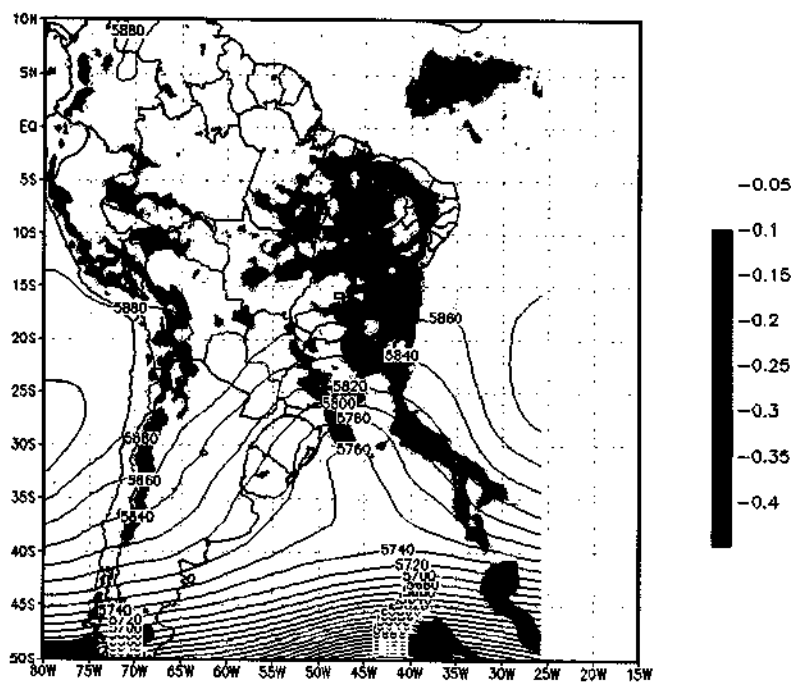


Fig. 10 – Campos médios (período de 11 a 13/01/2004, 12Z) em 500 hPa de altura geopotencial (a cada 20 mgp) e omega (movimento vertical) em  $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$  (sombreado) previstos pelo modelo.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo de caso se baseou em um evento de chuva intensa ocorrida durante um período de ZCAS cujos índices pluviométricos foram acentuados devido à aproximação de um sistema frontal.

As características típicas observadas durante um evento ZCAS ficaram evidentes através da reanálise do NCEP: convergência de umidade nos baixos níveis desde a região Amazônica até o Oceano Atlântico, presença do cavado associado à ZCAS em altos e médios níveis, da Alta da Bolívia e do cavado do Nordeste, ambos em altos níveis.

As previsões do modelo Eta capturaram várias destas características, incluindo a precipitação ao longo do período estudado. Contudo, nem todas as variáveis são previstas com o mesmo grau de certo, e estudos mais detalhados necessitam ser elaborados.

Outros estudos de caso serão investigados para confirmar os resultados encontrados neste trabalho. Parâmetros que indiquem a instabilidade atmosférica serão identificados a fim de gerar índices que apontem mais eficientemente a ocorrência de eventos extremos de precipitação.

#### **Bibliografia**

CHOU, S. C., 1996. Modelo Regional Eta. Climanálise. Edição Comemorativa. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

KALNAY ET AL., 1996: The NCEP-NCAR 40-year reanalysis project. *BAMS*, 77, 437-471.

CHOU, S. C.; JUSTI DA SILVA, M. G. A. Objective evaluation of Eta Model precipitation forecasts over South America. *Climanálise*, Cachoeira Paulista, SP, v. 14, n. 1, 1999.